

4.Сысоев М.Н., Казакова Л.П., Богданова С.И., Круглов Л.С. Работа фильтрующих сооружений с переменной скоростью // Водоснабжение и санитарная техника. – 1968. – №2. – С.15-19.

5.Минц Д. М. Теоретические основы технологии очистки воды. – М.: Стройиздат, 1964. – 156 с.

6.Венецианов Е. В., Рубинштейн Р. Н. Динамика сорбции из жидких сред. – М.: Наука, 1983. – 237 с.

7.Олейник А. Я., Тугай А. М. Моделирование процессов кольматажа и суффозии в прифильтровой зоне скважины // Докл. НАН Украины. – 2001. – №9. – С.190 – 194.

8.Поляков В. Л. О фильтрации суспензий при заданном напоре // Докл. НАН Украины. – 2005. – №4. – С.48-54.

9.Грабовський П. О., Гурінчик Н.О. Чисельна реалізація математичної моделі фільтрування // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки: Наук.-техн. зб. Вип.6. – К., 2005. – С.4-13.

Получено 27.09.2006

УДК 504.062 : 574

С.А.КУЗИН

Ассоциация «Центр управления промышленными отходами», г.Харьков

ОТ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА К ОПТИМАЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Обосновывается необходимость и описываются возможности применения программы моделирования поверхностного стока.

В последние годы, на фоне усиливающихся процессов урбанизации, возрастает важность вопроса охраны поверхностных вод от загрязнения ливневым стоком с городских территорий. Учет объемов поверхностных сточных вод – важнейший фактор улучшения экологического состояния водоемов. Охрана поверхностных водных объектов и их экологическая безопасность определяются не только качеством очищенных сточных вод, сбрасываемых в водоприемники после городских очистных сооружений, но и качеством поверхностных вод, поступающих в них по системам закрытой и открытой дождевой канализации [1].

Попадание поверхностного стока в водные объекты вызывает целый ряд проблем, приводящих к нарушению целостности водного объекта. Это и вопросы превышения предельно допустимых концентраций химических веществ в водном объекте, и загрязнение придонного слоя, приводящее к острому и хроническому токсическим воздействиям на обитателей водоемов, и проблема эрозии каналов, возникающая в результате большой интенсивности потока поверхностных сточных вод [2].

Выпадение атмосферных осадков связано с наличием влаги в атмосфере, условиями конденсации паров, температурными и динамическими явлениями в атмосфере и другими факторами. Закономерности изменения параметров (продолжительность выпадения осадков, их интенсивность и количество) выводятся из обобщения статистических данных о выпадении осадков [3].

В процессе контакта осадков с воздушной средой и земной поверхностью формируется качественный состав поверхностного стока. Поверхностный сток с селитебных территорий образуется в результате контакта атмосферных осадков (дождь, снег) с загрязнениями, находящимися в атмосферном воздухе и на водосборе. В крупных городах и промышленных центрах поверхностный сток представляет собой значительные объемы загрязненных вод, со значительными (в 10 и более раз) превышениями предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ (ПДК) [1].

Анализ научной и технической литературы свидетельствует, что более 90% городов, имеющих ливневую канализацию, не имеют очистных сооружений, и, следовательно, талые, дождевые и поливомоечные сточные воды попадают в природные водоисточники без очистки [4].

Количество загрязнений, выносимых с городских территорий поверхностным стоком, а также их концентрации зависят от многих факторов, в частности, от частоты уборки улиц, интенсивности движения автотранспорта, плотности населения, наличия и профиля промышленных предприятий, степени благоустройства селитебных территорий, продолжительности и интенсивности снеготаяния и дождей и т.д.

Поверхностный сток с городских территорий, включая территории промышленных предприятий, загрязнен веществами органического и минерального происхождения, находящимися во взвешенном, коллоидном и растворенном состоянии. Качественный состав поверхностного стока по данным [5, 6] представлен в таблице [4].

Качественный состав поверхностного стока

Загрязняющие вещества	Концентрации загрязняющих веществ, мг/дм ³	
	[5]	[6]
Взвешенные вещества	4 - 23000	1200 - 1600
Нефтепродукты	7 - 350	25 - 30
БПК ₂₀	40 - 120	60 - 220
Азот NH ₄	3 - 5	1
Фосфор	2 - 4	5

Приведенные качественные параметры поверхностного стока не оставляют сомнений в негативном влиянии его на состояние водоемов,

особенно в черте городских поселений, и обуславливают необходимость его предварительной очистки перед поступлением в водоем. Существуют различные методы снижения влияния поверхностного стока на приемные поверхностные воды.

На этапе до попадания в водоприемные сооружения применяются такие меры снижения нагрузки на приемные воды, как: отвод по месту (через инфильтрационные/пористые тротуары); накопление по месту (при попадании дождевого стока на парковочные площадки, в канавы-уловители и водоотводные бассейны существенно снижаются пиковые нагрузки) [7].

На этапе после попадания сточных вод в водоприемные сооружения возможно как применение различных методов задерживающего накопления сточных вод в системе (в бетонных бассейнах, туннелях и открытых прудах), так и их очистка (с использованием инфильтрационных бассейнов, биологических отстойников, искусственных болот, песчаных фильтров и др.) [8, 9].

При проектировании таких водоохраных мер остро встает вопрос определения объемов поверхностных вод, поступающих в коммунальные системы дождевой канализации, а также концентраций содержащихся в них загрязняющих веществ и динамики нагрузки на очистные сооружения (расчетные расходы сточных вод).

Одним из основных параметров поверхностного стока является его интенсивность (расчетный расход). Данный параметр, в частности, необходим для проектирования водоотводящих сетей. Интенсивность стока дождевых вод зависит от нескольких факторов, таких как характеристики дождя (интенсивность, объем и продолжительность), топография местности, гидрологические условия, зависящие от типа почвы, процентного соотношения водопроницаемых и водонепроницаемых поверхностей, наличия и типа растительности и т.д. [10].

В настоящее время существуют различные методики расчета расхода ливневого (поверхностного) стока и концентрации загрязняющих веществ в нем. В частности, на территории государств бывшего Советского Союза при расчете параметров поверхностного стока и расчете мощностей очистных сооружений, используются СНиП 2.04.03-85 «Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения» [11] и СН 496-77 «Временная инструкция по проектированию сооружений для очистки поверхностных сточных вод» [12].

Однако, так как дождь по своей природе является трудно-предсказуемым явлением, расчет очистных сооружений на основе краевых условий и усредненных показателей не может гарантировать соблюдение норм ПДК в водном объекте для всех возможных случаев.

В 80-е годы XX ст. с развитием компьютерной техники появилось большое количество свободно доступных и коммерческих программ для моделирования процессов поверхностного стока на основе числовых моделей. Это и Североамериканская “SWMM”, и Европейская “MOUSE”, и многие другие.

В то время, как моделирование комплексных процессов возможно с помощью числовых моделей, зачастую возникают сложности в их составлении, понимании и подтверждении правильности (верификации) полученных результатов. Также, такие модели в большей степени подвержены пользовательским ошибкам, так как содержат десятки, а то и сотни входных параметров.

С другой стороны, более простые аналитические модели часто схватывают ключевые особенности системы, используя меньшее количество совокупных входных параметров. Они не подвержены численным ошибкам и, как правило, более просты в применении и понимании. Однако, из-за необходимости применения различных предположений и допущений с целью упрощения, такие модели в настоящее время применяются на практике весьма ограниченно.

Между этими двумя полюсами и находится искомое решение – гибридные методы, сочетающие в себе простоту аналитических и гибкость числовых моделей. Такие модели могут выступать в качестве альтернативного решения для пользователей, ограниченных во времени, наличием исходных данных и необходимых вычислительных мощностей. Их использование позволяет проводить быструю разработку моделей с уровнем сложности, соответствующим наличию исходных параметров и избежать избыточных упрощений. В этом плане, разработанная автором система моделирования поверхностного стока (СМПС) является попыткой создать новый мощный комплекс гибридных, аналитически – числовых инструментов моделирования для научно-обоснованного менеджмента процессов поверхностного стока.

Система моделирования поверхностного стока (СМПС) – это аналитическая система поддержки принятия решений, созданная для моделирования целого комплекса процессов поверхностного стока с городских территорий.

При помощи СМПС может проводиться моделирование различного уровня сложности в зависимости от типа гидрологического представления водосборной области и используемых функций расчета нагрузки загрязнений. В результате, может быть определена степень влияния поверхностного стока с городских территорий на экосистему водного объекта – приемника сточных вод, определены наиболее опасные загрязняющие вещества и рекомендованы меры по снижению

негативного воздействия вод поверхностного стока на водный объект.

База данных программы содержит таблицу местных метеорологических параметров, таблицу характеристик почвенного покрова, а также таблицу характеристик загрязняющих веществ. Расчетный алгоритм программы представляет собой комбинацию двух методов – аналитического вероятностного метода и метода Монте-Карло.

Перспективные области применения СМПС

Расчет параметров поверхностного стока с городских территорий и прогноз изменения этих параметров в будущем, в частности:

- оценка изменений параметров поверхностного стока в городском планировании (как результат изменения соотношения водопроницаемых и водонепроницаемых поверхностей);
- прогноз изменения качественных показателей поверхностного стока в результате размещения потенциальных загрязнителей на рассматриваемой территории (путем корректировки исходных параметров функции нагрузки загрязнений);
- моделирование влияния климатических изменений (изменений средних частоты, интенсивности, продолжительности или объема дождя) на количественные и качественные характеристики поверхностного стока;
- проведение сравнительного анализа применения различных водоохраных мероприятий, с возможностью идентификации наиболее экономически эффективной их комбинации;
- получение полной картины вероятностного распределения концентраций загрязняющих веществ в водах водного объекта – приемника сточных вод, а также определение вероятностей превышения ПДК в водном объекте.

Использование результатов моделирования с СМПС

Результаты моделирования могут быть использованы при разработке водоохраных мероприятий, таких как расчет требуемой мощности очистных сооружений или поиск оптимальной комбинации нескольких возможных мероприятий. Также, результаты моделирования могут быть применены при проведении оценки воздействия вод поверхностного стока на состояние экосистемы водного объекта – приемника сточных вод.

Теоретические разработки, положенные в основу вычислительных алгоритмов СМПС подробно описаны в [13-15].

1.Новак В. Учет объемов поверхностных сточных вод – важнейший фактор улучшения экологического состояния водоемов. Строительство и недвижимость. – Минск., 2006. – 26 с.

2.Masterson J.P. and Bannerman R.T. Impact of stormwater runoff on urban streams in

Milwaukee County, Wisconsin. Wisconsin Department of Natural Resources, Madison, WI, 1994. Referred to in Novotny, V. and White, J. Ascertaining Aquatic Ecological Risks of Urban Stormwater Discharges // Wat. Res. - Elsevier Science Ltd., 1997. - Vol. 31, No. 10. - P. 2573-2585.

3. Калицун В.И. Водоотводящие системы и сооружения. – М. Стройиздат, 1987. – 331 с.

4. Асенов А.М., Ильясов О.Р. Водные ресурсы и проблема поверхностного стока // Транспорт Урала. – 2004. – № 2. – С.18.

5. Молоков М.В., Шифрин В.Н. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок. – М.: Стройиздат, 1977. – 100 с.

6. Дикерский В.С., Курганов А.М., Нечаев А.П. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. – Л.: Стройиздат, 1990. – 250 с.

7. Urbonas, B., Stahre, P. Stormwater Best Management Practices and Detention. - NJ: Prentice Hall, 1993. – 115 p.

8. Novotny, V. Water Quality. Diffuse pollution and watershed management. Second edition. - John Wiley & Sons, Inc., 2003. – 323 p.

9. USDOT FHWA – US Department of Transportation. Federal Highway Administration. Stormwater Best Management Practices in an Ultra-Urban Setting: Selection and Monitoring. USDOT, 2003 / Available from <http://www.fhwa.dot.gov/environment/ultraurb/index.htm> Internet; accessed September, 10th, 2006.

10. USDA. Planning and Design Manual for the Control of Erosion, Sediment, and Stormwater, 1994 / Available from <http://abe.msstate.edu/csd/p-dm/index.html>; Internet; accessed September 17th, 2006.

11. СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Госкомитет СССР по делам строительства, 1985. – 134 с.

12. Временная инструкция по проектированию сооружений для очистки поверхностных сточных вод СН 496-77. Составлена в развитие главы СНиП II-32-74 Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Госстрой СССР, 1977. – 28 с.

13. Adams, B.J., and Papa, F., Urban Stormwater Management Planning with Analytical Probabilistic Models. - New York: John Wiley and Sons, 2000. – 286 p.

14. Kuzin S.A. and Adams B.J., MASCE. Probabilistic Approach to the estimation of Urban Stormwater Pollution Loads on Receiving Waters / Proceedings of the 2005 World Water and Environmental Resources Congress. Anchorage, Alaska. May 15-19, 2005. – P.143.

15. Кузин С.А. Развитие методов оценки динамики загрязнения водных объектов поверхностным стоком с городских территорий // Материалы науч.-практ. конф. III Международного водного форума “АКВА УКРАИНА – 2005”. Октябрь 2005. – С. 37-40.

Получено 05.11.2006

УДК 628.153 : 628.17

А.М.ХРЕНОВ, канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Т.Н.ФЕДОРОВА

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ НА РЕЖИМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Приводится описание функциональных возможностей системы, позволяющей мо-